

Pembuatan seal/ tabung gas karet alam dengan *filler* pasir kuarsa sebagai pengganti karbon hitam

The making of natural rubber-based gas cylinder seals with quartz sand as the filler to replace carbon black

Suharman^{1,*}, M. Harun²

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Industri dan Kekayaan Intelektual,
Jl. Jend. Gatot Subroto Kav. 52-53 Jakarta 12950, Indonesia

²Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang, Jl. Perindustrian II No.12 Km 9 Palembang 30961, Indonesia

* Penulis korespondensi. Telp. +6221 5256112, Fax. +6221 5256116

E-mail: suharman.hadi@gmail.com

Diterima: 10 Januari 2017 Direvisi: 09 Mei 2017 Disetujui: 10 Mei 2017

ABSTRACT

This research aimed to make natural rubber-based gas cylinder seals with quartz sand as the filler to replace carbon black. The experiments consisted of the use of 10 phr, 20 phr, 30 phr, 40 phr, and 50 phr of quartz sand. The gas cylinder seals produced underwent a test according to the Indonesian National Standard (SNI) 7655:2010. The test generated the following results: the value of hardness ranged from 51±6 to 60±5 Shore A, the value of tensile strength ranged from 67 to 72 kg/cm², the value of elongation at break ranged from 414 to 457%, the value of the compression set ranged from 25 to 61%, after aging, and ozone resistance with no cracks. Natural rubber-based gas cylinder seals with quartz sand as the filler to replace carbon black met the requirements specified by SNI 7655:2010 in terms of the criteria of hardness, elongation at break, after aging and ozone resistance.

Keywords: quartz sand, carbon black, gas cylinder seal.

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah membuat *seal* tabung gas berbahan karet alam dengan bahan pengisi (*filler*) pasir kuarsa sebagai pengganti karbon hitam. Percobaan terdiri atas penggunaan 10 phr, 20 phr, 30 phr, 40 phr dan 50 phr pasir kuarsa. *Seal* tabung gas yang dihasilkan diuji menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 7655:2010. Hasil pengujian diperoleh nilai kekerasan (*hardness*) antara 51±6 sampai 60±5 Shore A, tegangan putus (*tensile strength*) antara 67 sampai 72 kg/cm², perpanjangan putus (*elongation at break*) 414-457%, pampatan tetap (*compression set*) 25-61%, pengusangan (*after aging*) dan ketahanan ozon yang tidak ada keretakan. *Seal* tabung gas berbahan karet alam yang dibuat dengan bahan pengisi pasir kuarsa sebagai pengganti karbon hitam dapat memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 untuk kriteria *hardness*, *elongation at break*, *after aging* dan ketahanan ozon.

Kata kunci: pasir kuarsa, karbon hitam, *seal* tabung gas.

PENDAHULUAN

Seal tabung gas adalah karet *seal* yang digunakan pada tabung gas sebagai konektor antara gas LPG dan kompor. *Seal* tabung gas merupakan bagian yang sangat penting yang berdampak pada resiko tinggi. Kualitas *seal* tabung gas yang tidak baik dapat menyebabkan terjadi kecelakaan seperti tabung gas meledak, kebocoran, kebakaran dan sebagainya. Oleh karena itu pembuatan *seal* tabung gas harus memenuhi standar SNI.

Seal tabung gas harus terbuat dari karet yang

elastis dan memiliki daya rekat yang kuat. Kriteria ini ada pada jenis karet alam. SNI yang mengatur tentang spesifikasi dan persyaratan *seal* tabung gas adalah SNI 7655:2010 tentang karet perapat (*rubber seal*) pada katup *liquid petroleum gas* (LPG).

Pembuatan *seal* tabung gas dilakukan dengan beberapa tahap yaitu pencampuran karet dengan bahan tambahan (*compounding*), pencetakan (*moulding*) dan pemasakan atau vulkanisasi. Sifat fisika *seal* tabung gas sangat dipengaruhi oleh penggunaan jenis karet dan bahan tambahan.

Bahan tambahan meliputi, bahan pengisi, bahan pengikat, bahan percepat, bahan pelunak, bahan pencegah ozon, dan lain-lain. Salah satu faktor penentu kualitas produk barang jadi karet seperti *seal* tabung gas adalah penggunaan bahan pengisi atau *filler*.

Bahan pengisi yang umum dipakai adalah karbon hitam. Pasir kuarsa merupakan bahan alam yang mengandung silika dioksida (SiO_2). Kandungan silika dioksida pada pasir kuarsa memungkinkan untuk menjadi bahan pengisi pengganti karbon hitam. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian terhadap kemungkinan penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan pengisi pengganti karbon hitam.

Penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan pengisi merupakan upaya pemanfaatan sumber daya alam lokal mengingat karbon hitam semakin sulit didapat dan harganya mahal. Di Sumatera Selatan, pasir kuarsa banyak terdapat di kecamatan Tulung Selapan dan kecamatan Cengal Kabupaten Ogan Komring Ilir. Pasir kuarsa merupakan bahan galian yang mengandung (SiO_2) sebesar 97-98%. Pasir kuarsa di alam berukuran halus sampai agak kasar (200 mesh sampai 2 mm) berwarna putih keabu-abuan, berasal dari batuan induk yang mengalami pelapukan dan mengalami sedimentasi (Sodik, 1995).

Penelitian mengenai bahan pengisi pada pembuatan barang jadi karet telah banyak dilakukan. Fachry *et al.* (2012) dalam penelitiannya membuktikan bahwa kaolin dapat dijadikan sebagai bahan pengisi pada pembuatan souvenir dari karet dan telah terbukti dapat memperbaiki elastisitas dan kekerasan produk yang dihasilkan. Lebih lanjut Prasetya (2012) juga telah membuktikan bahwa arang aktif dari serbuk gergaji dapat digunakan sebagai *filler* pada pembuatan kompon ban kendaraan roda dua. Sama halnya dengan kaolin dan arang aktif dari serbuk gergaji, cangkang telur ayam yang mengandung kalsium karbonat, magnesium karbonat, dan kalsium fosfat juga telah digunakan sebagai bahan pengisi pada pembuatan barang jadi karet (Nella *et al.*, 2016).

Filler pada pembuatan barang karet dapat mempengaruhi sifat mekaniknya. Sasongko (2012) menemukan bahwa lama waktu vulkanisasi dipengaruhi oleh luas permukaan bahan dan ukuran partikel dari *filler* yang dipergunakan. Bentuk partikel tidak berpengaruh terhadap *cure time* dan *scorch time* melainkan berpengaruh terhadap sifat mekanis kompon atau barang karet.

Selain sifat mekanik, *filler* juga akan mempengaruhi sifat fisik dari produk yang dihasilkan (Cifriadi & Maspanger, 2005). Berbagai bahan yang dapat dijadikan sebagai *filler* pada pembuatan barang jadi karet diantaranya abu sekam padi dan arang aktif tempurung kelapa (Prasetya & Marlina, 2013; Marlina *et al.*, 2015; Nasution, 2006), *nano brushing rubber* (Bondan, 2013), abu terbang atau abu briket batubara dan arang cangkang sawit (Cifriadi & Maspanger, 2005; Nuyah, 2012; Vachlepi & Suwardin, 2015), kaolin (Daud, 2015), komposit batu apung dan *clay* (Bahri, 2015), campuran silika dan kulit kerang darat (Marlina & Rahmiani, 2012; Fachry *et al.*, 2014).

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan formula penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan pengisi pengganti karbon hitam pada pembuatan *seal* tabung gas (*rubber seal*).

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan terdiri atas karet alam (SIR 10), pasir kuarsa, karbon hitam, *paraffinic oil*, ZnO, asam stearat, CBS, dan sulfur. Pasir kuarsa yang digunakan adalah pasir kuarsa yang dihaluskan 400 mesh diperoleh dari Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan.

Peralatan Penelitian

Peralatan terdiri atas mesin giling dua roll (*open mill*), cetakan (*moulding*), alat pres, neraca analitis, alat uji kekerasan, alat uji kuat tarik, alat uji *compression set*, oven, dan alat uji ketahanan ozon.

Metode Penelitian

Percobaan dilakukan dengan lima formula dan tiga ulangan. Pengujian sifat fisika sesuai SNI 7655:2010. Formula pembuatan *seal* tabung gas seperti pada Tabel 1.

Pembuatan kompon

Pembuatan kompon diawali dengan proses mastikasi yaitu penggilingan karet sampai matang yang ditunjukkan dengan berwarna kuning coklat (pada suhu 60-70°C). Saat penggilingan karet disayat pada bagian pinggir kiri dan kanan sambil terus digiling. Penambahan bahan pengikat (*paraffinic oil* dan CBS) secara merata pada permukaan karet yang digiling. Penambahan zat anti oksidan (ZnO), penambahan bahan pengisi (pasir kuarsa dan karbon hitam) 2/3 bagian dari formula, dan bahan pelunak (asam stearat) sambil terus digiling

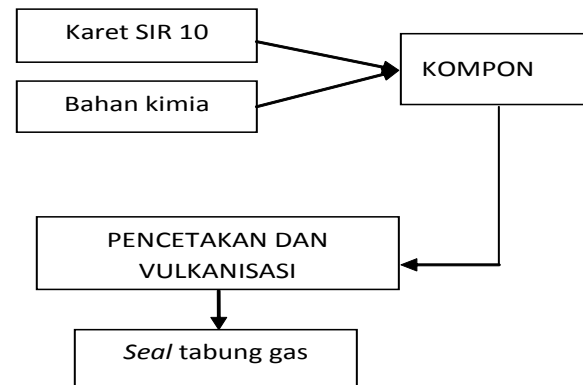
Tabel 1. Formula pembuatan *seal* tabung gas.

Bahan	Formula kompon (phr)				
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
SIR 10	100	100	100	100	100
ZnO	5	5	5	5	5
Asam stearat	2	2	2	2	2
Pasir kuarsa	10	20	30	40	50
Karbon hitam	50	40	30	20	10
<i>Paraffinic oil</i>	10	10	10	10	10
CBS	1	1	1	1	1
Sulfur	2	2	2	2	2
Jumlah (phr)	180	180	180	180	180

(karet dipotong kiri dan kanan sambil terus digiling agar tercampur secara merata). Penambahan sisa bahan pengisi dan bahan pelunak. Penambahan bahan pencepat dan terakhir penambahan bahan pemvulkanisasi (sulfur). Pembuatan kompon selesai dan kompon siap untuk dicetak.

Pencetakan *seal* tabung gas

Sebelum digunakan cetakan dibersihkan terlebih dahulu dan diolesi dengan minyak silikon agar kompon yang akan dicetak tidak melekat

**Gambar 1.** Diagram pembuatan *seal* tabung gas.

pada cetakan. Kompon dimasukkan kedalam cetakan yang dipanaskan selanjutnya dipres pada suhu 150°C, tekanan 150 kg/cm² selama 20 menit. Cetakan didinginkan dan produk *seal* tabung gas dilepas dari cetakan. Diagram pembuatan *seal* tabung gas ditampilkan pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Syarat Mutu *Seal* Tabung Gas

Syarat mutu *seal* tabung gas sesuai SNI 7655:2010 terdiri dari 9 parameter (BSN, 2010). Selengkapnya seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. SNI 7655: 2010 (*seal* tabung gas LPG).

No.	Uraian	Satuan	Syarat Mutu
1.	Kekerasan (<i>hardness</i>)	Shore-A/IRHD	60+5
2.	Kuat tarik (<i>tensile strength</i>) minimal	MPa	10
3.	Perpanjangan putus (<i>elongation at break</i>) minimum	%	300
4.	Pampatan tetap (<i>compression set</i>) maksimal		
	- 72 Jam (3 hari) pada (27+2) ⁰ C	%	10
	- 72 Jam (3 hari) pada (-5+2) ⁰ C	%	25
5.	Perubahan nilai setelah pengusangan (<i>heat aging</i>) pada (70+2) ⁰ C selama 168 jam (7 hari)		
	- Kekerasan (<i>hardness</i>)	Shore-A/ IRHD	+10, -5
	- Kuat tarik (<i>tensile strength</i>)	%	-15
	- Perpajangan putus (<i>elongation at break</i>)	%	+10, -25
6.	<i>Stress relaxation</i> maksimal 168 jam (7 hari) pada (27+7) ⁰ C	%	13
7.	Perubahan volume dalam <i>liquid</i> B (n-pentana) setelah 168 jam (7 hari) pada (27+2) ⁰ C, maksimal	%	+35
8.	Perubahan volume dalam <i>liquid</i> B (n-pentana) setelah 96 jam (4 hari) dikeringkan pada (70+2) ⁰ C maksimal	%	-12
9.	Ketahanan terhadap ozon (50+5) ppm, (42+2) ⁰ C, (55+10) RH, (20+2)% perpanjangan, <i>pretension</i> time 72 jam, <i>exposure</i> time 48 jam	-	Tidak tampak ada retakan, tanpa pembesaran

Hasil Pengujian *Seal* Tabung Gas

Hasil pengujian *seal* tabung gas yang dibuat dari karet alam dengan bahan pengisi pasir kuarsa sebagai pengganti karbon hitam yang meliputi visual, kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus, pampatan tetap, pengusangan, dan ketahanan terhadap ozon seperti pada Tabel. 3.

Visual

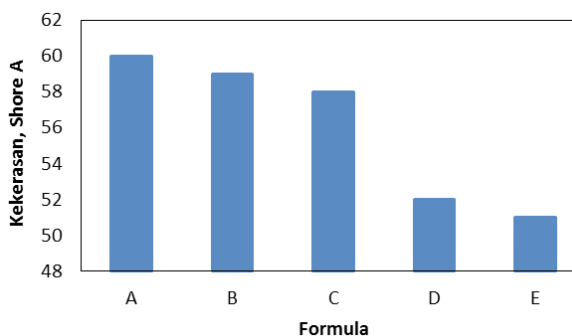
Penilaian visual dilakukan untuk mengetahui apakah ada produk yang cacat. Cacat produk pada pembuatan *seal* tabung gas dapat disebabkan karena proses pencampuran bahan yang tidak merata, formula yang tidak tepat, temperatur yang tidak tepat, tekanan dan waktu pencetakan yang tidak tepat pada saat vulkanisasi. Kecerobohan pada saat pelepasan *seal* tabung gas dari cetakan juga dapat menyebabkan cacat produk (Cifriadi, 2016). Jika beberapa hal penyebab cacat produk tersebut dapat diantisipasi maka produk yang akan dihasilkan menjadi baik. Hasil pengujian visual *seal* tabung gas menunjukkan tidak ada cacat produk.

Kekerasan

Pengujian kekerasan (*hardness*) dilakukan untuk mengetahui kekerasan *seal* tabung gas yang dihasilkan. Kekerasan produk karet sangat dipengaruhi oleh jenis dan jumlah bahan pengisi yang digunakan. Hasil pengujian kekerasan ditampilkan pada Gambar 2. Hasil pengujian keke-

rasan *seal* tabung gas tertinggi diperoleh pada formula (A) yaitu 60 ± 5 shore A, dan nilai terendah pada formula (E) yaitu 51 ± 6 shore A. Persyaratan kekerasan *seal* tabung gas menurut SNI adalah 60 ± 5 shore A.

Penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan pengisi dapat menurunkan nilai kekerasan. Menurut Prasetya & Marlina (2013) penggunaan bahan pengisi dapat meningkatkan atau menurunkan kekerasan dari produk karet yang dihasilkan. Lebih lanjut Cifriadi (2016) menyatakan bahwa pembuatan produk barang jadi karet sangat dipengaruhi oleh penggunaan jenis dan jumlah bahan pengisi. Bahan pengisi terdiri dari dua macam yaitu bahan pengisi aktif dan bahan pengisi tidak aktif (Cifriadi, 2016). Pasir kuarsa yang mengandung silika merupakan bahan pengisi tidak aktif oleh karena itu penggunaannya akan menurunkan kekerasan produk.



Gambar 2. Hasil pengujian kekerasan.

Tabel 3. Hasil pengujian sifat fisika *seal* tabung gas.

No.	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian				
			(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
1.	Kekerasan ASTM D 2240	Shore A	60 ± 5	59 ± 7	58 ± 1	52 ± 4	51 ± 6
2.	Kuat tarik ASTM D 412	kg/cm ²	72	70	69	68	67
3.	Perpanjangan putus ASTM D 412	%	457	440	434	418	402
4.	<i>Compression set</i> ASTM D 395 – 55	%	61	54	43	38	25
5.	<i>After aging</i> (70°C, 24 j)						
	- Kekerasan	Shore A	59 ± 2	58 ± 3	56 ± 1	52 ± 4	50 ± 4
	- Kuat tarik	kg/cm ²	101	89	78	77	71
	- Perpanjangan putus ASTM D 412	%	482	470	445	423	416
6.	Ketahanan terhadap ozon pada 25 ppm, 20% reagen, 40°C, selama 48 jam	-	Tidak tampak ada retakan, tanpa pembesaran				

Tegangan putus

Tegangan putus (*tensile strength*) adalah besarnya beban yang diperlukan untuk merenggangkan potongan uji vulkanisat karet sampai putus dalam kg per cm² luas penampang sebelum diregangkan. Melalui pengujian ini dapat ditetapkan waktu vulkanisasi optimum dan pengaruh pengusangan. Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian tegangan putus *seal* tabung gas dari berbagai formula penelitian.

Nilai tertinggi tegangan putus diperoleh pada formula (A) yaitu 72 kg/cm², dan nilai terendah pada formula (E) yaitu 67 kg/cm². Persyaratan menurut SNI adalah minimum 10 kg/cm². Penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan pengisi dapat menurunkan nilai tegangan putus *seal* tabung gas. Arizal (1984) menyatakan bahwa salah satu sifat dasar elastomer adalah daya tegangan putusnya. Elastomer memiliki sifat elastisitas yang baik sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan pada pembuatan produk-produk tertentu. Cifriadi (2016) menegaskan bahwa berbagai bahan yang ditambahkan akan mempengaruhi sifat tegangan putus barang jadi karet, salah satunya adalah bahan pengisi.

Perpanjangan putus

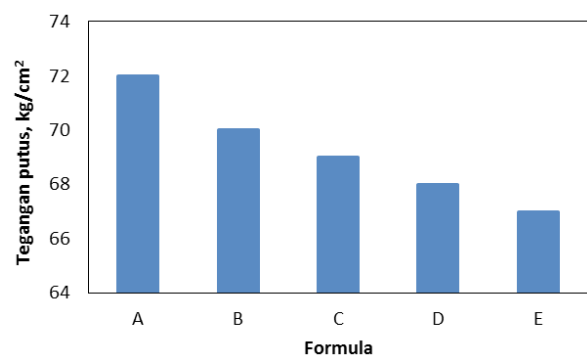
Perpanjangan putus (*elongation at break*) adalah pertambahan panjang potongan uji vulkanisat karet pada saat diregangkan sampai putus yang dinyatakan dengan persen (%) dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus bertujuan untuk mengetahui sifat tegangan dan regangan vulkanisat karet dan sifat termoplastik, serta penentuan *yield point* melalui kekuatan dan pertambahan panjang vulkanisat karet ketika mengalami penarikan sampai perpanjangan tertentu dan sampai putus.

Gambar 4 menunjukan nilai tertinggi perpanjangan putus diperoleh pada formula (A) 457%. Nilai terendah pada formula (E) yaitu 414%. Penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan pengisi dapat menurunkan nilai perpanjangan putus *seal* tabung gas. Sebagaimana halnya dengan sifat tegangan putus, maka sifat perpanjangan putus produk barang jadi karet seperti *seal* tabung gas akan dipengaruhi oleh penggunaan jenis dan jumlah bahan pengisi (Cifriadi, 2016; Haryadi, 2000).

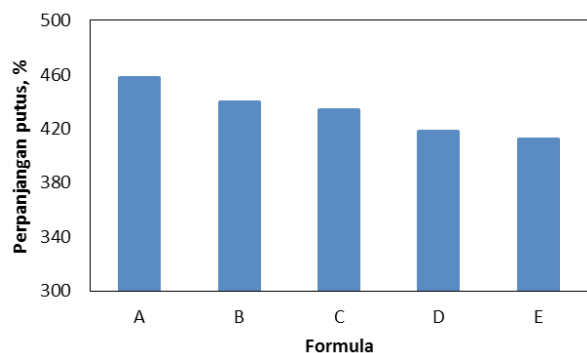
Pampatan tetap

Pampatan tetap (*compression set*) adalah pengujian untuk mengetahui perubahan dimensi

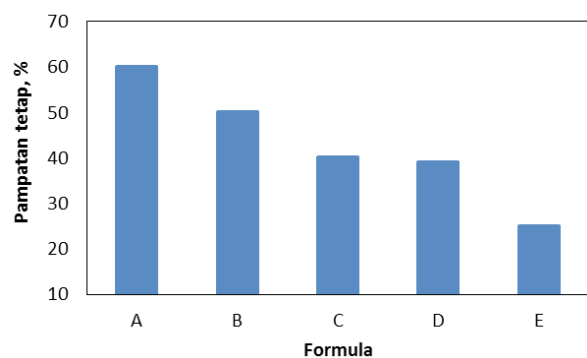
vulkanisat karet jika diberi tekanan pada waktu tertentu, dengan standar maksimum terjadi perubahan 30%. Pada Gambar 5 dapat dilihat nilai tertinggi pampatan tetap dihasilkan pada formula (A) dengan nilai 61%, dan nilai terendah pada formula (E) dengan nilai 25%. Standar SNI adalah minimum 25%. Penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan pengisi dapat menurunkan nilai pampatan tetap *seal* tabung gas. Menurut Cifriadi (2016) penggunaan bahan-bahan tambahan seperti bahan pengisi pada pembuatan produk karet dapat meningkatkan atau menurunkan nilai pampatan tetap dari produk tersebut.



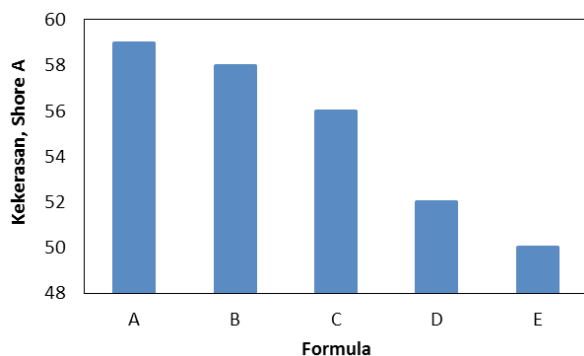
Gambar 3. Hasil pengujian tegangan putus.



Gambar 4. Hasil pengujian perpanjangan putus.



Gambar 5. Hasil pengujian pampatan tetap.



Gambar 6. Perubahan kekerasan setelah pengusangan.

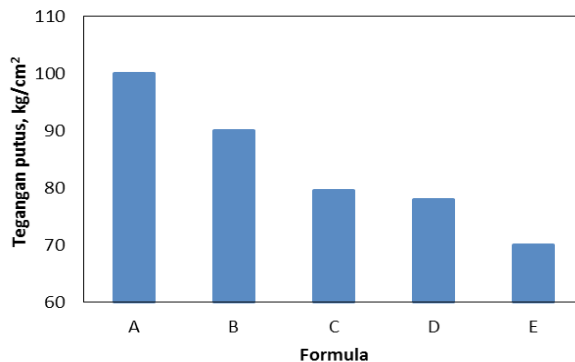
Pengusangan

Pengusangan mengakibatkan menurunnya sifat fisika produk karet, seperti karet menjadi keras dan retak atau lunak dan lengket. Penurunan sifat fisika disebabkan terjadi degradasi karet oleh oksidasi oksigen dan ozon. Ketahanan pengusangan *seal* tabung gas menunjukkan ketahanan *seal* tabung gas terhadap oksidasi dalam masa penyimpanan. Pengusangan mengakibatkan penurunan nilai tegangan putus dan perpanjangan putus karena panas akan mempercepat proses oksidasi dan degradasi produk. Perubahan kekerasan (Shore A), tegangan putus (kg/cm^2), dan perpanjangan putus (%) setelah pengusangan dapat dilihat pada Gambar 6, 7, dan 8.

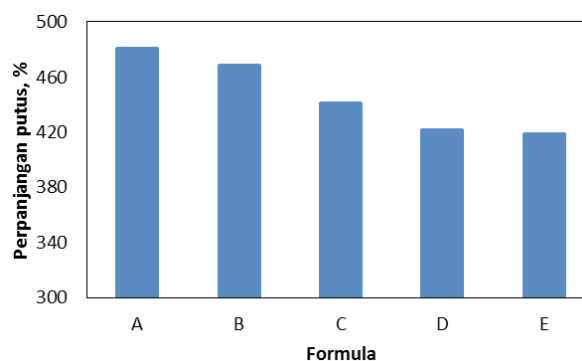
Selaras dengan hasil pengujian kekerasan, tegangan putus dan perpanjangan putus maka hasil pengujian terhadap pengusangan dari ketiga sifat tersebut menunjukkan penurunan. Setelah dilakukan pengusangan sifat kekerasan menurun seiring dengan penggunaan bahan pengisi pasir kuarsa, demikian juga tegangan putus dan perpanjangan putusnya. Hal ini sangat sesuai dengan pernyataan Cifriadi (2016) yang menyatakan bahwa penggunaan jenis dan jumlah bahan pengisi akan berpengaruh pada sifat kekerasan, tegangan putus dan perpanjangan putus serta pengusangannya.

Ketahanan terhadap ozon

Hasil pengujian ketahanan terhadap ozon, 25 ppm, 20% reagen, 40°C, selama 48 jam pada *seal* tabung gas formula (A) sampai formula (E) tidak mengalami keretakan. Hal tersebut menunjukkan bahwa *seal* tabung gas yang dibuat dari bahan pengisi pasir kuarsa sebagai pengganti karbon hitam menghasilkan produk yang baik secara fisik. Arizal (1984) menyatakan bahwa penggunaan elastomer seperti karet alam untuk pembuatan



Gambar 7. Perubahan tegangan putus setelah pengusangan.



Gambar 8. Perubahan perpanjangan putus setelah pengusangan.

berbagai produk lebih baik karena memiliki ketahanan ozon yang baik.

KESIMPULAN

Pasir kuarsa merupakan bahan sumber daya alam lokal yang memiliki potensi untuk menjadi bahan pengisi pada pembuatan *seal* tabung gas. Pembuatan *seal* tabung gas berbahan karet alam dengan bahan pengisi pasir kuarsa pengganti karbon hitam dapat memenuhi sebagian persyaratan SNI. Penggunaan pasir kuarsa dapat menurunkan nilai kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus, pampatan tetap, dan pengusangannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada Kepala Baristand Industri Palembang yang telah memberikan dukungan, izin dan fasilitas untuk pelaksanaan penelitian. Penelitian ini terlaksana atas biaya dari Anggaran DIPA Baristand Industri Palembang tahun 2011. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim yang telah membantu kegiatan ini dan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- Arizal, R., (1984). *Pengetahuan dasar elastomer*. Bogor, Indonesia: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Bahri, S. (2015). Pemanfaatan batu apung dan clay pada pembuatan kompon karet bantalan kaki sepeda motor. *Jurnal Tekmi*, 2(1), 33–37.
- Bondan, A. T. (2013). Nano brushing rubber sebagai bahan pengisi dalam pembuatan karet tromol kendaraan bermotor roda dua. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 24(2), 82–89.
- BSN, (Badan Standardisasi Nasional). (2010). *Standar Nasional Indonesia SNI 7655.2010: Karet perapat (rubber seal) pada katup tabung LPG*. Jakarta, Indonesia: BSN.
- Cifriadi, A. (2016). *Pengetahuan bahan untuk pembuatan produk karet* (Makalah Pelatihan). Palembang, Indonesia: Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang.
- Cifriadi, A., & Maspanger, D. (2005). *Sifat teknis vulkanisat sol sepatu karet alam menggunakan bahan pengisi abu terbang*. Bogor, Indonesia: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Daud, D. (2015). Kaolin sebagai bahan pengisi pada pembuatan kompon karet: Pengaruh ukuran dan jumlah terhadap sifat mekanik fisik. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(1), 41–48.
- Fachry, A. R., Sari, T. I., Putra, B. A., & Kristianto, D. A. (2012). Pengaruh penambahan filler kaolin terhadap elastisitas dan kekerasan produk souvenir dari karet alam (*Hevea brasiliensis*). Dalam *Seminar Nasional Teknologi Oleo dan Petrokimia Indonesia (TOPI)*. Pekanbaru: Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau.
- Fachry, A. R., Sari, T. I., Sthevanie, S., & Susanti, S. (2014). Pengaruh filler campuran silika dan kulit kerang darah terhadap sifat mekanis kompon sol sepatu dari karet alam. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(3), 1-11.
- Haryadi, B. (2000). *Pengaruh bahan pengisi terhadap sifat kompon barang jadi karet untuk sol sepatu menggunakan carbon black*. Palembang, Indonesia: Balai Litbang Industri Palembang.
- Marlina, P., Pratama, F., Hamzah, B., & Pambayun, R. (2015). Karakteristik kompon karet dengan bahan pengisi arang aktif tempurung kelapa dan nano silika sekam padi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 25(1), 85–93.
- Marlina, P., & Rahmaniar. (2012). Penggunaan bahan pengisi nano komposit silika karbida pada pembuatan kompon ban dalam kendaraan bermotor roda dua. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 23(2), 91–98.
- Nasution, D. Y. (2006). Pengaruh ukuran partikel dan berat abu sekam padi sebagai bahan pengisi terhadap sifat kuat sobek, kekerasan dan ketahanan abrasi kompon. *Jurnal Sains Kimia*, 10, 86–91.
- Nella, F., Fachry, A. R., & Suharman, S. (2016). Mempelajari sifat fisika sol karet cetak dengan filler cangkang telur ayam. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 27(1), 69–75.
- Nuyah, N. (2012). Penggunaan arang cangkang sawit sebagai bahan pengisi dalam pembuatan kompon selang karet. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 23(1), 51-56.
- Prasetya, H. A. (2012). Arang aktif serbuk gergaji sebagai bahan pengisi untuk pembuatan kompon ban luar kendaraan bermotor. *Jurnal Riset Industri*, 7(2), 165–173.
- Prasetya, H. A., & Marlina, P. (2013). Penggunaan sekam padi sebagai bahan pengisi dan antioksidan pada pembuatan kompon karet. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 24(2), 66–73.
- Sasongko, A. R. (2012). *Studi pengaruh ukuran partikel dan jumlah phr carbon black sebagai bahan pengisi terhadap sifat mekanik produk karet alam* (Skripsi). Universitas Indonesia.
- Sodik, S. (1995). *Inventarisasi endapan lempung dan pasir kuarsa di daerah limapuluh koto* (Laporan). Kabupaten Limapuluh Koto, Indonesia: Dinas ESDM.
- Vachlepi, A., & Suwardin, D. (2015). Kajian pembuatan kompon karet alam dari bahan pengisi abu briket batubara dan arang cangkang sawit. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(1), 1–9.

